

2007年11月、フロリダ中央大学の Christodoulides 教授のグループは、エアリビーム (Airy beam) と呼ばれる、左右非対称でかつ特殊な繰り返し強度パターンを持つ光のビームを用いることにより、シャープさを保ったまま一方方向に曲がる光の軌跡の観測に成功した。エアリビームの性質は理論的に予測されていたが、実際に観測されたのは初めてである。この光の性質は、物理現象として興味深いだけではなく、ナノ粒子をつかむ光ピンセットや光ファイバーの改良にも応用できると考えられており、今後、回折限界を突破する新しい光学技術への展開も期待される。

トピックス / 空気中で光の軌跡が曲がる現象を初めて観測

光は電磁波の一種であり、波動の性質として回折や干渉を起こす。近接する2つのスリットに光を当てると、後方に縞模様の干渉パターンが現れることはよく知られている。しかし、重力場中や物質中以外では、光は曲げられることはなく、その様な現象を観測することはできていなかった。2007年11月に、フロリダ中央大学の Christodoulides 教授のグループは、エアリビーム (Airy beam) と呼ばれる、左右非対称でかつ特殊な繰り返し強度パターンを持つ光のビームを用いることにより、シャープさを保ったまま一方方向に曲がる光の軌跡を観測することに成功した^{1, 2)} (図表)。エアリビームの性質は1979年に理論的に予測されていたが、実際に観測されたのは今回が初めてである。

通常のレーザービームは中心部が強く周辺部では弱いスポット形状をしており、遠くに伝わる程スポットがぼやける。これは、レーザーポインタなどでよく経験することである。ところが、エアリビームと呼ばれる周期的かつ特殊なスポット形状にすると、スポットの明るい部分は回折のために曲がるが、その軌跡はシャープさを保ったまま伝わるのが理論的に予測されていた。しかし、複雑なビームパターンであるため、実際に作り出すことは難しかった。

今回の実験では、アルゴンレーザー (波長488nm) の発振ビームを、コンピュータ制御の液晶で作製した位相変調板で反射させ、さらに反射光をレンズで集光して、幅1mm程度の1次元のエアリビームを作り出した。そのエアリビームの断面をCCDカメラで撮影し、伝搬距離毎の様子を調べた。その結果を用いて再現したエアリビームの軌跡の像が、図表である。

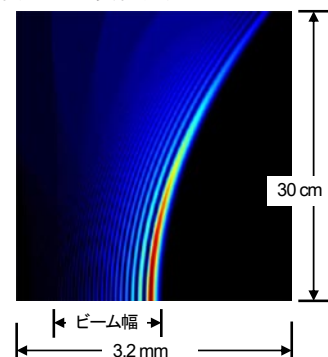
図表は、幅3.2mmの領域を伝搬方向に30cmに

わたって調べた像であり、伝搬方向は圧縮して描画してある。エアリビームは、エネルギー的には、回折により全体として左右に拡がりながら伝搬しているが、右側の明るい軌跡の部分がシャープさを保ったまま右側に曲がっていく現象が観測されている。Christodoulides 教授らは、同じ手法を用いて2次元のエアリビームも作り、同様に軌跡が曲がることも明らかにした。

従来、理論的に研究されていたエアリビームとは、明暗の縞模様の強度比が小さくなりつつ続く無限幅のビームであったが、今回作り出された有限幅のエアリビームでも理想的なエアリビームの特性を維持していることを実験的に示した意義は大きい。今回の実験結果を受けて、有限幅のエアリビームの伝搬特性に関する詳細なシミュレーションが直ちに行われた³⁾。

軌跡が曲がり、かつ、そのシャープさを保つという光の性質は、物理現象として興味深いだけでなく、ナノ粒子をつかむ光ピンセットや光ファイバーの改良にも応用できると考えられ⁴⁾、将来的には、回折限界を突破する新しい光学技術への展開も期待される。

下側より入射したエアリビームの光線が、右に曲がっていく様子 (表紙カラー図参照)



(© 2007 The American Physical Society)

参考文献²⁾より転載

参 考

- 1) G.A. Siviloglou, J. Broky, A. Dogariu, and D.N. Christodoulides, Physical Review Letters 99 (2007, Nov.) 213901
- 2) Physical Review Focus: <http://focus.aps.org/story/v20/st19>
- 3) M.A. Bandres, and C. Gutiérrez, Optics Express Vol. 15 (2007, Dec.) 16719
- 4) PHYSORG.com Nov. 29 (2007): <http://www.physorg.Com/news115556629.html>